vatten i en varmare värld

Vattenpaketet
Fördjupningstext moment 4





VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Detta material **får användas icke-kommersiellt.** För publicering av bildmaterial kontakta ursprungskällan. Ange Vattenpaketet som källa vid användning av övrigt material.

Välkommen att lämna dina synpunkter om materialet!

Kontakt:
Veronika Raguž, materialutveckling, veronika.raguz@gmail.com
Eva Emadén, samordnare av Världsvattendagen i Sverige, vattendagen22mars@gmail.com
Svenska Hydrologiska Rådet (SHR), info@hydrologi.org

Vi tackar Forskningsrådet Formas för finansiellt stöd till projektet.



Vatten i en varmare värld

Text skriven av Elin Karlsson, 2012

Moment 4 i Vattenpaketet handlar om klimat och vatten. Här beskrivs de grundläggande drivkrafterna för jordens klimat och varför växthuseffekten gör jorden beboelig men samtidigt skapar debatt om dess skadliga effekter. Vi tittar närmare på vad klimat egentligen är och hur och varför klimatet förändras över tid. Momentet behandlar dessutom vattnets roll i det globala klimatsystemet och beskriver vad som händer med jordens vattenresurser när klimatet förändras. Slutligen ges en överblick över hur Sveriges vattenresurser kan komma att påverkas av ett förändrat framtida klimat.

Jordens strålningsbalans och växthuseffekten

Den huvudsakliga drivkraften i jordens klimatsystem är solen och dess energi som når vår planet i form av solstrålning. Solstrålning är kortvågig strålning och kan till hög grad penetrera de gaser som återfinns i atmosfären och därmed nå jordytan. Viss del av strålningen reflekteras och absorberas dock av moln och luftburna partiklar. När strålningen når jordytan absorberas den och mark och vatten värms upp. För att jorden inte ska överhettas av den ständigt inkommande solstrålningen sänder markytan tillbaka en del av energin i form av värmestrålning. Denna typ av strålning är långvågig vilket gör det svårare för den att tränga igenom vissa av atmosfärens gaser. En stor del av värmestrålningen absorberas därför av dessa så kallade växthusgaser eller reflekteras tillbaka till jordytan av moln. Efter att ha absorberats av växthusgaserna, sänds sedan mycket av värmen tillbaka ut i rymden, men en del återförs mot jordytan igen vilket bidrar till uppvärmningen av jorden och detta är vad vi kallar växthuseffekten (Rummukainen, 2005, s. 4).

Växthuseffekten är en grundläggande egenskap för jordens klimat och en förutsättning för liv på jorden. Utan den naturliga växthuseffekten skulle medeltemperaturen på jorden vara cirka -18°C, istället för dagens beboeliga +15°C. Växthuseffekten påverkar alltså balansen mellan inkommande solstrålning (kort våglängd) och utgående värmestrålning (lång våglängd), och därmed vårt klimat. En tredjedel av all inkommande solstrålning reflekteras av jordens atmosfär och moln och påverkar inte vårt klimat. Resterande två tredjedelar av den inkommande solstrålningen passerar atmosfären och värmer upp jordytan (Rummukainen, 2005, s. 15). En naturlig växthuseffekt har så gott som alltid funnits på jorden, tack vare förekomsten av vissa växthusgaser i atmosfären. Några av de viktigaste växthusgaserna är vattenånga (H_2O), metan (CH_4), ozon (O_3) och koldioxid (CO_2).

Människans roll

Allt sedan den industriella revolutionen har människan påverkat jordens resurser och förhållanden i större utsträckning och i ökande tempo än någonsin förut. I takt med förbränningen av fossila bränslen för transport och energiförsörjning ökar människans utsläpp av framför allt koldioxid men även andra växthusgaser. Detta gör att atmosfärens sammansättning ändras i en snabbare takt än vad som anses naturligt, vilket resulterar i en förstärkt växthuseffekt. Koldioxidhalten i atmosfären har till exempel ökat från 280 till 379 ppm (parts per million) mellan 1750 och 2005, vilket är mer än ökningen under de 8000 åren före 1750 (IPCC, 2007, s. 25). Med en högre halt växthusgaser i atmosfären absorberas en större andel av den utgående värmestrålningen och mer värmeenergi lagras vilket leder till högre temperaturer vid jordytan. Forskning

har visat att globala temperaturökningar mycket väl följer ökningar av växthusgaser i atmosfären. Det är dock viktigt att komma ihåg att det naturligt, på långa tidsskalor, sker variationer i halten växthusgaser i atmosfären och därför också i global temperatur. På grund av detta råder viss oenighet om den globala uppvärmningen vi ser idag är skapad av bara mänskliga aktiviteter eller om det också rör sig om naturliga variationer. De allra flesta forskare är dock överens om att mänsklig påverkan spelar en viktig roll i uppvärmningen. I vilket fall är det viktigt att vara medveten om vilka konsekvenser en varmare värld har, bland annat på jordens vattenresurser, och vad vi kan göra för att anpassa oss till nya förhållanden.

Vad är klimat och varför förändras det?

Klimat kan definieras som de genomsnittliga fysiska förhållandena i en region och mäts i till exempel temperatur, nederbörd, vindförhållanden och luftfuktighet. Klimatet beskriver dessa förhållanden under en längre tidsperiod (där 30 år är definierat som standardperiod för klimat), till skillnad från väder, som beskriver dessa variationer på en mycket kortare tidsskala (timmar, dagar eller veckor) (Ruddiman, 2001, s. 3).

Att klimatet ser olika ut i olika delar av världen beror på att fördelningen av den inkommande solstrålningen till jorden är ojämn eftersom jorden är klotformad. Tropiska områden närmast ekvatorn får mer värme än de kalla nord- och sydpolerna. För att jämna ut denna obalans transporterar jordens klimatsystem värme från ekvatorn mot polerna, och det är alltså den inkommande solstrålningen i kombination med klimatsystemets försök att jämna ut temperaturskillnaderna som bestämmer hur klimatet ser ut i olika regioner (Ruddiman, 2001, s. 18). Värmetransporten från ekvatorn mot polerna sker i princip på två sätt; i havet och i atmosfären. Vatten är bidragande i båda typerna av värmetransport och har alltså en mycket viktig roll i det globala klimatsystemet.

Värmetransport som sker i atmosfären kallas atmosfärcirkulation och sker med hjälp av havsströmmar och vindar. Det atmosfäriska systemet är mycket komplext men den generella principen är att varm luft, som är koncentrerad vid ekvatorn, stiger då hav och mark värms upp. Vattenånga som lagrar överskottsvärme bildas och förs med vindar och luftströmmar till kallare områden. När luften kyls ner kondenserar vattenångan och den värme som lagrats avges. Den kalla luften sjunker mot jordytan och transporteras tillbaka mot ekvatorn och jämnar på så sätt ut lufttrycket (Ruddiman, 2001, s. 33).

Värmetransporten i havet sker dels i ytvattnet och dels djupare ner i havet i den så kallade termohalina cirkulationen (för vidare information se experimentet *Vattentanken* och momentet *Roligt med vatten*). Ytcirkulationen drivs främst av vindar som formar stora virvlar som transporterar varmt ytvatten från ekvatorn och mot polerna. När det varma vattnet når kallare breddgrader kyls det ner och sjunker eftersom kallt vatten är tyngre än varmt. Det kalla vattnet transporteras sedan tillbaka mot ekvatorn där det åter värms upp. Ett exempel på ett ytvattencirkulationssystem är Golfströmmen som transporterar varmt ytvatten från Mexikanska golfen till Nordatlanten och bidrar till det relativt milda klimat vi har i Sverige (Ruddiman, 2001, s. 39-40). Den djupare termohalina cirkulationen drivs, som namnet antyder, av vattnets temperatur och salthalt. Som nämnts ovan är kallt vatten tyngre (har högre densitet) än varmt vilket gör att kallt vatten sjunker. Salt vatten är på liknande sätt tyngre än sött vatten och skillnader i salthalt mellan olika vattenmassor gör att vatten med högre salthalt sjunker. Dessa skillnader i salthalt kan uppstå på olika sätt. I havsområden nära ekvatorn lämnas de relativt tunga salterna kvar i havet när vatten evaporerar vilket gör att salthalten i det kvarvarande vattnet ökar. I polarområden utelämnas saltet när vattnet fryser vilket gör att det vatten som

fortfarande är i flytande fas får en ökad salthalt. Kombinationen av kallt och salt vatten som återfinns vid polerna gör att vattnet är som tyngst i dessa områden, där Nordatlanten och området runt Antarktis har de bästa förhållandena för att bilda det djupa havsvattnet. Det ständiga nybildandet av varmt vatten vid ekvatorn och kallt, salt vatten i polarområdena skapar ett gigantisk globalt pumpsystem som transporterar värme över hela jordklotet. Det är alltså skillnaden mellan det varma vattnet vid ekvatorn och kombinationen av kallt och salt vatten vid polerna som driver detta pumpsystem (Ruddiman, 2001, s. 41-42).

Det globala klimatsystemet med dess värmetransport är inte statiskt utan genomgår kontinuerligt naturliga variationer. Till exempel påverkas Nordeuropas – och därmed Sveriges – vinterklimat av variationer i lufttrycks- och vindmönster över Nordatlanten från ena året till det andra. Variationerna resulterar i att en del vintrar blir milda och att en del vintrar blir mycket kalla. Dessa variationer sker inte bara från år till år, utan också över mycket längre tidsskalor, och beror till största del på variationer i solens styrka och förändringar i jordens bana runt solen (Ruddiman, 2001, s. 180-181). Idag stiger medelvärdet av temperaturen vid jordens yta. Eftersom denna utveckling har pågått en längre tid anses det inte röra sig om en klimatvariation, utan istället om en global uppvärmning (IPCC, 2007, s. 36).

Klimatvariationers påverkan på den hydrologiska cykeln

Som vi tidigare sett spelar vatten en mycket viktig roll för jordens klimat i form av global värmetransport i luft och hav. Men klimatet påverkar också vattenresurserna och dess fördelning över jordklotet. Klimatet är en viktig drivkraft av jordens hydrologiska cykel (se moment 1 *Vatten - en (o)ändlig resurs* för mer information om vattnets kretslopp), där vattnets flöde mellan hav, atmosfären, vattensamlingar på land, istäcken, grundvatten och levande organismer drivs av solen och bygger på att stora mängder vatten oavbrutet avdunstar från havet. Vatten avdunstar också över land - från sjöar, vattendrag, våtmarker, mark och växtlighet.

En ökad global temperatur påverkar vattnets kretslopp så att processernas hastighet ökar, till exempel genom snabbare avdunstning. Exakt vilka effekter klimatförändringar har på vattenresurserna är inte helt klart eftersom flera mekanismer och återkopplingar som är svåra att förutse är av betydelse (Bates et al., 2008, s. 15). FN:s klimatpanel IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) har tagit fram flera scenarier för utsläppen av växthusgaser fram till år 2100. Generellt anses en klimatförändring ha negativ påverkan på vattenresurser och sötvattenekosystem över hela världen. I de regioner som förutspås få minskad avrinning kan mängden tillgängligt vatten kraftigt påverkas så att det blir svårare att tillgodose vattenbehovet. I andra regioner som förutspås få ökad avrinning kan både positiva effekter som bättre vattentillgång, och negativa effekter som ökad variation av nederbörd och extrema väderhändelser förekomma (Bates et al., 2008, s. 3-4).

Den kanske mest uppenbara vattenrelaterade förändringen kopplad till ett varmare klimat är minskningen av det permanenta istäcket i polarområdena och glaciäris i bergsområden i och med att dessa smälter. Idag finns nästan 75 % av allt sötvatten lagrat som is och snö (Bates et al., 2008, s. 19). Det vatten som ackumulerats i dessa lager frigörs vilket leder till en ökad havsnivå. Konsekvenserna av detta är flera. Små önationer och låglänta kustzoner hotas att svämma över och göras obeboeliga. Havets salthalt kan minska då havsvattnet ”späds ut” med smältvatten vilket kan komma att påverka den globala termohalina cirkulationen. En stor del av världens befolkning bor i områden med lite lokal nederbörd och är därför beroende av floder som transporterar smältvatten från bergsområden. Om de glaciärer som bidrar

med vatten till dessa människor smälter kan de få stora problem med sin vattenförsörjning (Bates et al., 2008, s. 19). Också i den svenska fjällen minskar glaciärerna, även om det har mindre allvarliga effekter på vattenresurserna. Storglaciären, som är glaciären med den längsta mätserien i hela världen, har smält och blivit allt mindre sedan början på 1900-talet (Holmgren et al. 2005, s. 389). Även Sveriges högsta punkt, Kebnekaises sydtopp, som har en stor "ishatt" blir allt lägre i och med att denna smälter.

Det är inte bara den synliga isen och snön som förväntas smälta. Den permanent frusna marken, eller permafrosten, som finns i framför allt arktiska och subarktiska områden kan också komma att tina. Marken i dessa områden innehåller stora mängder kol i form av metan. Som nämnts ovan är metan en växthusgas, och dessutom en mycket stark sådan. När permafrosten tinar frigörs metangas som då kan bidra till en än mer förstärkt växthuseffekt. Dessutom förändras hydrologin i dessa områden då vatten kan flöda genom marken och förändra den kemiska sammansättningen och kvaliteten på vattnet (Bates et al., 2008, s. 27).

Utbredningen av nederbörd och vattenresurser är redan idag ojämnt fördelade över jorden, med till exempel torra ökenområden och fuktiga regnskogsområden. Med varmare temperaturer ökar evapotranspirationen eftersom mer energi finns tillgänglig för denna process, något som överensstämmer med IPCC:s modeller som visar en ökad evaporation över hela jordklotet (Bates et al., 2008, s. 29). För torra områden innebär detta ännu mer torka. De senaste åren har allt fler områden i framför allt Afrika och Asien drabbats av långvarig torka vilket gör det svårt att förse jordbruket med vatten och därmed mat till befolkningen (Wilk och Wittgren, 2009, s. 4-5). När regnet väl kommer är det ofta i stora mängder under en kort tidsperiod. Den torra marken hinner då inte med att absorbera vattnet utan detta spolas snabbt bort utan att växtligheten kan tillgodogöra sig det. I torra regioner riskerar även vattenkvalitet att försämras eftersom mindre avrinning ger mindre utrymme för utspädning av föroreningar.

Den ökade evapotranspirationen gör att luftfuktigheten, och därmed nederbörden generellt sett ökar. Utbredningen av ökad nederbörd ser dock ut att bli ojämnt fördelad över jorden, till skillnad från evaporationen. Områden som idag är relativt fuktiga förväntas inte bara få mer nederbörd utan även, och framför allt, mer extrema regnfall. Dessa mönster förväntas främst ses vid höga breddgrader (Bates et al., 2008, s. 25). I fuktiga regioner som förutspås få ökad nederbörd väntas också avrinningen bli högre. Det i sin tur kan leda till fler och allvarligare översvämningar bland annat eftersom människans infrastruktur inte är anpassad till dessa höga vattenflöden. Ökningen av häftiga regn och avrinning ger en ökad belastning på hanteringssystemen för dagvatten och avloppsvatten och kan därmed öka risken för översvämningar i dessa system, vilket i sin tur ger en risk för att större mängder föroreningar strömmar till vattendrag, floder, sjöar och hav och därmed påverkar kvaliteten på vattnet.

Man räknar också med att tidpunkten för höga vattenflöden kommer att ändras i framtiden. I många områden som idag får vinternederbörd främst i form av snö förväntas dels vinternederbörden bli proportionellt större och dels förväntas denna till högre grad bestå av regn. Många områden som idag är frusna och snötäckta vintertid kan komma att antingen bli för varma för snö, vilket leder till att vårfloden uteblir, eller att få vår tidigare, vilket leder till en tidigareläggning av vårfloden (Wilks och Wittgren, 2009, s. 4).

Många diskussioner om global uppvärmning och dess koppling till vattenresurser handlar om hur mycket klimatet redan har förändrats av växthusgasutsläppen och hur mycket klimatet kan komma att förändras i framtiden. Datorsimuleringstekniken har utvecklats och fortsätter att utvecklas för att kunna underső-

ka möjliga klimatscenarier med hjälp av fysikalisk-matematisk-numeriska beskrivningar av jordens klimatsystem och processer som styr klimatets natur och naturliga variation. Resultaten av klimatscenarierna innehåller osäkerheter om den framtida utvecklingen och därför undersöks många olika antaganden, till exempel olika faktorers påverkan på den framtida utvecklingen. Inte bara globala utan även regionala framtidsscenarier behövs för att ta med viktiga regionala faktorer och effekter i beräkningen.

Vad innebär ett varmare klimat för Sveriges vattenresurser?

I Sverige försöker bland annat Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) reda ut hur klimatet kan förändras och hur vattenflödena kan påverkas när klimatet ändras. Detta görs genom datorsimulationer och användandet av olika modeller. För att förstå hur klimatet kan komma att ändras är det viktigt att förstå hur klimatet har sett ut och ändrats bakåt i tiden. Det är generellt sett den informationen som används när klimat- och hydrologiska modeller utvecklas för att simulera framtidens klimat. De modeller som används för globala framtidsscenarier visar hur klimatet ändras i genomsnitt för hela jorden. För att ta reda på hur Sveriges klimat kan ändras krävs andra typer av modeller som tittar på mindre regioner.

Det är viktigt att komma ihåg att klimatförändringar inte är något som eventuellt kommer att ske i framtiden, utan något som pågår just nu. Om man tittar tillbaka på hur vädret såg ut under 1900-talet ser man till exempel att medeltemperaturen under de senare decennierna var 1°C varmare än 100 år tidigare. Under 1900-talet ökade även den totala nederbörden, framför allt under vinterhalvåren. I de mellersta och norra delarna av landet var ökningen upp till 15-20 % (SOU 2007:60, s. 79-81). Antalet kraftiga stormar, som förväntas öka med ett varmare klimat, var relativt lågt under 1900-talet. Under det första årtiondet av 2000-talet sågs ett antal kraftiga stormar, där Gudrun (2005) och Jan (2007), båda med orkanstyrka, orsakade stora skador på framför allt det svenska skogsbruket (SOU 2007:60, s. 82-83). De förändringar som observerats under 1900-talet kan ge oss ledtrådar om hur Sveriges klimat och väder kan komma att ändras de närmsta 100 åren.

I SMHI:s scenarier undersöks tre olika tidsperioder; 2020, 2050 och 2080. Förändringarna jämförs med referensperioden 1961-1990. Samtliga scenarier tyder på att klimatet kommer att bli varmare. Man räknar med att medeltemperaturen för januari kommer att öka med 1.5 - 2.5°C vid år 2020, med 2.4 - 4°C vid år 2050 och med 5 - 6°C vid år 2080. I Norrland kan temperaturen ha ökat med upp till 7°C vid slutet av århundradet. Även somrarna kommer att bli varmare. Temperaturökningen för juli förväntas bli ungefär en grad lägre än den för januari för samma tidsperiod. De största ökningarna förväntas i de södra delarna av landet och längs Östersjökusten (SOU 2007:60, s. 127-128).

Nederbörden förutspås fortsätta öka, främst i landets västra delar och under vintermånaderna. En viktig förändring är att en större andel av vinternederbörden kommer att falla som regn istället för snö, vilket påverkar vattenflödet i landets floder och kan även ha inflytande på det karakteristiska avrinningsförloppet under året, med andra ord mängden snö och förekomsten av snötäcke. Vårfloden kan tidigareläggas med ett par veckor jämfört med idag och dessutom allmänt minska, förutom längst i norr och i väst. Sommarnederbörden förväntas minska i södra Sverige, vilket kan leda till längre och allvarligare torrperioder (SOU 2007:60, s. 136-137). Scenarierna visar även på en ökad avrinning från Sverige som helhet, men med stora regionala skillnader. Den största ökningen förutsägs i fjällregionen och västra Götaland medan vattentillgången kan komma att minska i den, redan idag, relativt torra sydöstra delen av Sverige.

Större delen av Sveriges avrinning når förr eller senare Östersjön. I och med den förväntade ökningen av temperatur, nederbörd och avrinning över hela landet förutspås även förändringar i Östersjöns vatten. De ökande lufttemperaturerna kan bidra till en uppvärmning av Östersjön med 2-4°C, vilket kan gynna och förvärra de giftiga algblomningar som observerats där de senaste åren. Den ökade avrinningen kan leda till en havsnivåhöjning med upp till 80 cm i de södra delarna av havet. Den ökade avrinningen bidrar också till att Östersjöns salthalt minskar vilket påverkar vilka växt- och djurarter som kan leva där (SOU 2007:60, s. 147-151).

Trots att större delen av Sverige förväntas få en större vattentillgång i framtiden finns det en viss risk att vi får problem med dricks-vattenförsörjningen. I ett varmare klimat kan antal och typer av bakterier, parasiter och virus komma att ändras. Idag är våra vattenverk inte utrustade med den teknik som krävs för att försäkra att dessa organismer inte hamnar i våra vattenkranar. Vid kraftiga regnfall och översvämningar finns även risken att föroreningar från jordbruk och städer hamnar i våra vattentäkter och därmed försämrar dricksvattenkvaliteten. Att uppdatera vår infrastruktur för att klara av dessa förändringar är kostsamt men nödvändigt för att försäkra en god vattenkvalitet (Svenskt Vatten, 2007, s. 5-6).

Viktigt att komma ihåg är att klimatförändringar, vare sig de är naturliga eller skapade av människan, inte kan stoppas. Vi människor bör försöka leva på ett sätt som minimerar vår påverkan på klimatet, men samtidigt vara medvetna om att klimatet på jorden ständigt ändras. Därför är det viktigt för oss att vara flexibla och anpassa oss till dessa förändringar. När vi planerar samhällen måste vi komma ihåg att klimatet och naturen inte kommer att se likadan ut för all framtid. Kanske kommer till exempel den där mysiga strandtomten som är så eftertraktad idag ligga under vatten några decennier från idag.

Tips på vidare läsning

- På Klimatsajten beskrivs jordens strålningsbalans, växthuseffekten och dess inverkan på klimatet på ett enkelt sätt.

  http://www.klimat.su.se/

- I broschyren *Klimatförändringar – vad innebär det egentligen?* beskrivs människans roll vid klimatförändringar och vad EU gör för att minska effekterna av dessa.

  http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/climate_change_youth_sv.pdf

- SMHI tillhandahåller information och framtidsprognoser kopplade till klimatförändringars inverkan på Sveriges väder och vattenresurser.

  http://www.smhi.se

- På Klimatanpassningsportalen finns samlad information från tolv svenska myndigheter om vad Sverige gör för att anpassa sig till ett förändrat klimat.

  http://www.smhi.se/klimatanpassningsportalen

- MB vattensupport samlar en mängd länkar till klimat- och vattenrelaterade sajter både i Sverige och utomlands.

  http://www.vattensupport.se/

Referenser:

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, red., 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 s.

Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (red.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 s.

Holmgren, P., Jansson, P., Pettersson, R. 2005. A re-analysis of the 58 year mass-balance record of Storglaciären, Sweden. Annals of Glaciology 42:389-394.

Ruddiman, W.F., 2001. Earth´s climate: past and future, första upplagan. New York, NY: W.H. Freeman Company, 465 s.

Rummukainen, M., 2005. Växthuseffekten. SMHI rapport meteorologi nr 119, SMHI, Norrköping, 25 s.

SOU 2007:60. Sweden facing climate change – threats and opportunities. Edita Sverige AB, Stockholm, 967 s.

Svenskt Vatten, 2007. Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Elanders, Östervåla, 60 s.

Wilk, J. och Wittgren, H.B. (red), 2009. Att säkra vattenresurser i ett föränderligt klimat. Policy brief nr 7 från Swedish Water House. SIWI, 23 s.